

| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|------------------------------|------|--------|---------------|--------|
| G 0 1 B 11/00 | | | G 0 1 B 11/00 | H |
| B 6 5 G 43/00 | | | B 6 5 G 43/00 | Z |
| G 0 1 B 11/24 | | | G 0 1 B 11/24 | K |
| G 0 6 T 7/00 | | | B 2 5 J 19/04 | |
| // B 2 5 J 19/04 | | | G 0 6 F 15/62 | 4 0 0 |
| 審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 13 頁) | | | | |

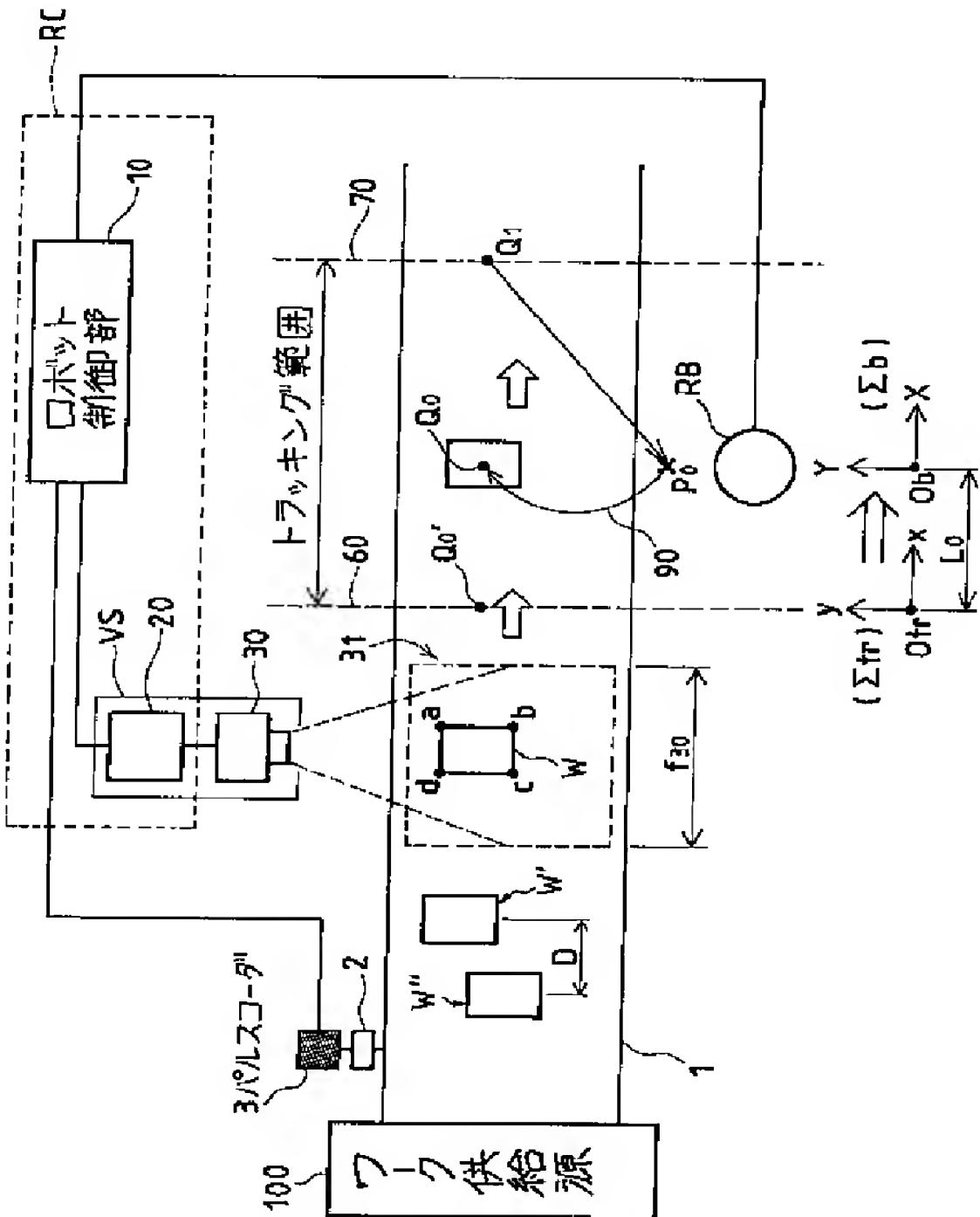
| | | | |
|-----------|----------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平7-248324 | (71) 出願人 | 390008235 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 |
| (22) 出願日 | 平成7年(1995)9月4日 | (72) 発明者 | 有松 太郎 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 藁科 文和 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内 |
| | | (74) 代理人 | 弁理士 竹本 松司 (外4名) |

(54) 【発明の名称】 画像の取得・処理方法

(57) 【要約】

【課題】 視覚センサを利用した画像取得・処理を簡素なシステムで行い、ロボットのトラッキング動作などに応用すること。

【解決手段】 ワーク供給源100から供給されるワークを搬送するコンベア1は駆動部2で駆動され、その移動量はパルスコード3で検出される。画像処理装置20とカメラ30を有する視覚センサVSは、パルスコード3の検出出力を利用して撮影漏れ領域やワークの撮影漏れが出ないような間隔で、視野31に対応した画像を繰り返して取得し、ワークWの(a, b, c, d)の基準位置からのずれを検出する。ロボットコントローラRCのロボット制御部10は、これらのデータとパルスコード3の検出出力を利用して、ロボットRBに初期位置P0からトラッキング開始ライン60付近に到来したワークに対してトラッキング動作を開始させる。位置補正を伴うトラッキング動作は、範囲60～70間で行なわれ、ワークWに追いついて所定の作業を完了する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物を搬送する手段と、前記搬送手段の走行量を検出する手段と、前記対象物の搬送経路上に視野を持つカメラ手段を備えた視覚センサと、前記視覚センサの制御手段とを用い、前記搬送手段によって搬送中の前記対象物に関する情報を獲得するために、前記視野に対応した画像を繰り返し取得するとともに該取得された画像に関する処理を行なうようにした画像の取得・処理方法において、前記搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が前記搬送手段の走行量を検出する手段から前記視覚センサの制御手段へ与えられる毎に、前記画像の取得と処理が実行され、前記所定距離は、前記搬送経路に沿った前記視野の長さから前記搬送経路に沿った前記対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しくなるように予め定められる、前記画像の取得・処理方法。

【請求項2】 対象物を搬送する手段と、前記搬送手段の走行量を検出する手段と、前記対象物の搬送経路上に視野を持つカメラ手段を備えた視覚センサと、前記視覚センサの制御手段とを用い、前記搬送手段によって搬送中の前記対象物に関する情報を獲得するために、前記視野に対応した画像を繰り返し取得するとともに該取得された画像に関する処理を行なうようにした画像の取得・処理方法において、前記搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が前記搬送手段の走行量を検出する手段から前記視覚センサの制御手段へ与えられる毎に、前回の取得された画像との間に撮影漏れ領域を生じずに画像の取得と処理を行なうことが可能か否かが判定され、可能と判定された場合には画像の取得と処理が行われ、不可能と判定された場合にはエラー信号が生成される、前記画像の取得・処理方法。

【請求項3】 前記対象物に関する情報前記対象物の位置に関する情報を含み、且つ、該位置情報がロボットのトラッキング動作に利用される、請求項1または請求項2に記載された画像の取得・処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、視覚センサを用いて画像を取得して処理する方法に関し、更に詳しく言えば、ベルトコンベア等の搬送手段によって移動中の対象物（例えば、組立部品）の画像を視覚センサを用いて取得して処理するための技術に関する。本発明は、特に、ベルトコンベアによって搬送されるワークについてトラッキング動作を伴った各種作業を行なうロボットシステムや、視覚センサを用いたワークの各種検査システム（きず、汚れ、寸法、形等の検査システム）などに適用して有利なものである。

【0002】

【従来の技術】工場のプロセスラインにおいては、作業対象物となるワークがコンベアで次々と作業位置に搬送されて来るシステムが非常に幅広く採用されている。このようなワーク（対象物）に対してロボットが作業を実行する方法には、コンベアを間欠駆動する方法と連続駆動する方法があるが、作業効率等の観点から後者の方法が用いられるケースが多くなっている。

【0003】連続駆動されるコンベアで運ばれて来るワークに対してロボットに作業を正しく行なわせるためには、ロボットにトラッキング動作が要求される。ロボットにトラッキング動作（ここではライントラッキング）を行なわせる従来の方法を図1を参照して簡単に説明すれば、概略次のようになる。

【0004】同図において、符号1はワーク供給源100に接続された直線搬送コンベアを表わしており、その駆動軸は駆動部2に内蔵されたモータによって駆動される。この駆動軸乃至駆動モータの回転量はパルスコード3によってパルス列の形で出力される。符号4、4'は、ワークを検出するセンサであり、コンベア1上に載置されて搬送されて来るワークWを検出位置50で検出する。センサ4、4'には例えば光学式のものが使用される。

【0005】符号VSは、画像処理装置20とカメラ30（例えば、CCDカメラ）から構成される視覚センサを表わしており、符号31はカメラ30の視野を表わしている。図中に破線で示したように、画像処理装置20はロボットコントローラRCに内蔵された形態をとっている。ロボットコントローラRCは、ロボット制御部10を有し、このロボット制御部10は内蔵された画像処理装置20からワークWの位置・姿勢を表わす検出信号を得てロボットRBの制御に利用する。また、ロボットコントローラRCはセンサ4、4'並びにパルスコード3に接続されており、前者の検出信号はワークWの到来の認識に利用され、後者の出力はワークWの搬送位置乃至搬送量の認識に利用される。

【0006】今、ロボットRBの動作として、（1）ワークWが予め設定されたトラッキング開始ライン60に到達した時点から、P0を初期位置とするトラッキング動作を開始し、（2）教示位置付近のQ0でワークWと遭遇し、（3）ワークWがトラッキング終了ライン70（位置Q1）に到達するまでにワークWに対する作業を完了してコンベア1上から離れ、初期位置P0へ戻る、という動作を考えると、この動作の実行手順は例えば次のようなものとなる。

【0007】コンベア1上に供給されたワークWがセンサ4、4'による検出位置に到来すると、センサ4、4'から検出信号が出力され、その時点におけるパルスコード計数出力値NsがロボットコントローラRC内に記憶される。ワークWが更に移動して予め教示された撮影位置（ラインAの位置）に到来すると、カメラ30に

よる撮影が実行されてその画像が画像処理装置20に取り込まれる。

【0008】カメラ30による撮影のタイミングは、パルスコード計数出力値Nsからのインクリメンタル量を監視することで決定される。このインクリメンタル量は、スケールファクタ α を媒介にして、センサ4, 4'による検出位置から撮影位置(ラインAの位置)までの距離を表わす量となっている。

【0009】取得された画像は、画像処理装置20内で処理され、ワークWの位置・姿勢を認識する。ワークWの位置・姿勢の認識は、例えばワークW上の特徴点a, b, c, dなどの位置を認識し、予め準備作業時に作成された基準画像データと比較して基準位置からのずれ量を求め、結果を表わすデータをロボット制御部10へ伝達することで達成される。

【0010】次に、パルスコード計数出力値NのNsからのインクリメンタル量がワークWのトラッキング開始位置(ライン60)への到達を表わす値となったならば、トラッキング座標系 Σ_{tr} ($O_{tr}-xy$)の移動を開始させ、その直後にトラッキング座標系上でロボットRBの移動(トラッキング動作)を開始させる。ここで、トラッキング座標系 Σ_{tr} とはコンベアと等速度で同方向に移動するように設定された座標系のこと、その初期位置はベース座標系 Σ_b よりも距離L0だけ上流側に原点を持ち、且つ、そのx軸がベース座標系 Σ_b のX軸とともに、コンベア1の走行方向と一致するように設定される。ここで、距離L0は教示点Q0の位置とトラッキング開始ライン60までの距離とされる。

【0011】ロボットRBの移動経路は、トラッキング座標系 Σ_{tr} 上で教示経路を実現する形で行なわれるが、補間計算周期で繰り返される移動目標位置の計算にあたっては、視覚センサVSで検出されたずれ量を補償するようにロボット位置(通常、姿勢も含む)の補正が行われる。

【0012】移動速度を適当な値に教示しておけば、ロボットRBはほぼ図1に符号90で示したような曲線軌道に沿ってワークWに接近し、トラッキング範囲内の適当な位置Q0でワークWに追いつくことになる。なお、直線軌道80は、仮にベース座標系 Σ_b (O_b-XY)上でロボットRBを制御した場合の移動経路の例を表わしている。

【0013】ワークWに追いついてからは、トラッキング範囲で必要な作業(加工、処理、把持など)を完了し、ライン70上の位置Q1でトラッキング動作を終了し、コンベア1上から離れ、初期位置P0へ復帰する。

【0014】以上述べたように、連続駆動コンベアで搬送されるワークに対するトラッキング動作をロボットRBに行なわせる場合、視覚センサVSで処理される画像の取得(カメラ30による撮影)のタイミングは、視覚センサVSの上流側に設けられた別のセンサ4, 4'の

ワーク検出出力を利用して行なわれている。同様の手法は、連続駆動コンベアで搬送されるワークについて視覚センサVSで取得された画像解析に基づく検査を行なうシステムにおいても採用されている。

【0015】ところが、このような画像取得・処理方法には次のような問題点がある。その第一は、図1中にワークW', W''間について例示したようにコンベア1の搬送方向に沿った視野長に比べて短い間隔Dでワークを供給した場合に、後続するワークW''(場合によっては、ワークW', W'')について2回の撮影と画像処理が行なわれる確率が高くなり、効率的でないことである。

【0016】即ち、図2(1)のように、ワークW'のセンサ4, 4'による検出位置から定距離D4Aだけ下流の撮影位置(ラインA)で撮影を行うことで、ワークW', W''の双方を含む画像が取得される。続いて、図2(2)のように、ワークW''のセンサ4, 4'による検出出力に基づいて定められる同じ撮影位置で撮影を行うことで、ワークW''を含む画像(多くの場合、ワークW', W''の双方を含む画像)が取得される。

【0017】通常、1回の撮影について1回の画像処理が実行されるから、1個のワークについて2回の画像処理が行なわれることになり、効率上有利ではない。特に、ワークの供給頻度を高く設定した場合に無駄が多くなる。

【0018】そして、第二の問題点は、視覚センサの画像取得やトラッキング開始のタイミングを定めるために、視覚センサとは別のセンサ並びにその周辺回路が必要とされており、システムの簡素化の観点からみて好ましくないということにある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決することにある。即ち、本発明は、搬送手段によって連続的に搬送されて来る対象物について、より簡素なシステムを用いて無駄なく画像の取得と処理を行えるようにすることを目指している。また、そのことを通して、搬送手段によって連続的に搬送されて来る対象物に対するトラッキング動作を行なうロボットを用いたシステムや、視覚センサを用いた検査を行なうシステムの合理化を図ろうとするものである。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、対象物を搬送する手段の走行量を検出する手段の検出出力を利用して、搬送手段の走行量が適正な撮影間隔に相当する所定距離に到達する毎に視覚センサによる画像の取得と処理を繰り返すようにして、撮影漏れを生じさせることなく効率的に画像を取得して処理することが出来るようにしたものである。

【0021】上記所定距離は、搬送経路に沿う方向に測

ったカメラ視野の長さから、同じく搬送経路に沿う方向に測った対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しくなるように予め定められる。

【0022】本発明の好ましい実施形態においては、相前後して行なわれる画像取得の間に撮影漏れ領域が生じないことを確実に保証するために、搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が搬送手段の走行量を検出する手段から視覚センサの制御手段へ与えられる毎に、前回の取得された画像との間に撮影漏れ領域を生じずに画像の取得と処理を行なうことが実際に可能か否かが判定される。そして、可能と判定された場合には画像の取得と処理が行われ、不可能と判定された場合にはエラー信号が生成される。

【0023】視覚センサで得られた画像を解析して、対象物の位置に関する情報を得るようにすれば、この位置情報を利用してロボットにトラッキング動作を行なわせることが出来る。

【0024】

【作用】本発明は、ベルトコンベアのような搬送手段によって搬送中の対象物の画像をカメラ手段を備えた視覚センサを用いて取得し、取得された画像を解析処理することによって対象物に関する位置その他の情報を得るようにした画像取得・処理方法を改良したものである。

【0025】従来技術においては視覚センサによる画像取得・処理のタイミングを制御するために、視覚センサの上流側に別個のセンサを配備する必要があったのに対し、本発明ではそのような別個のセンサは全く必要としない。本発明では、視覚センサによる画像取得・処理のタイミングの制御は、搬送手段の走行量の検出出力によって行なわれることを基本としている。

【0026】即ち、搬送手段の走行量が視覚センサのカメラ手段の適正な撮影間隔に相当する所定距離に到達する毎に視覚センサによる画像の取得と処理を繰り返すことで、撮影漏れを生じさせることなく効率的に画像が取得され、処理される。視覚センサのカメラ手段の適正な撮影間隔に相当する所定距離とは、対象物を漏れなく撮影することが可能で、撮影回数をほぼ最小に出来る距離と考えられる。

【0027】このような条件は、搬送経路に沿う方向に測ったカメラ視野の長さから、同じく搬送経路に沿う方向に測った対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しい距離とすれば満たされる。

【0028】ここで、「搬送経路に沿う方向に測った対象物の長さを差し引く」理由は、すべての対象物について、相前後して取得された2つの画像中の一方に完全な形で含まれることを保証するためである。

【0029】ワークの供給間隔が予定したものより短くなった場合や、ロボットのトラッキング動作による時間消費が大きい場合には、搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が搬送手段の走行量を検出する

手段から視覚センサの制御手段へ与えられた時点で既に前回の取得された画像との間に撮影漏れ領域を生じずに画像の取得と処理を行なうことが不可能になる場合が起こり得る。そのようなケースに対処するためには、搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が搬送手段の走行量を検出する手段から視覚センサの制御手段へ与えられる毎に、前回の取得された画像との間に撮影漏れ領域を生じずに画像の取得と処理を行なうことが可能か否かを判定すれば良い。

【0030】この判定は、視覚センサの制御手段がカメラ手段に対して撮影指令を発しようとした時点において検出される搬送手段の走行量が、上記所定距離を越えてしまっている、あるいは撮影が実行される前に越えてしまいそうであるか否かをチェックすることによって行ない得る。判定結果が否定的であれば、システム異常とみなし、エラー信号を生成する。

【0031】

【発明の実施の形態】図3は、本発明の方法をロボットのトラッキング動作のために適用する際の全体配置の1例を、図1と類似した形式で示したものである。この配置が図1に示した従来の配置と基本的に異なる点は、従来使用されていたセンサ4、4'が使用されていない点にある。以下、簡単に説明する。ワーク供給源100に接続された直線搬送コンベア1の駆動軸は駆動部2に内蔵されたモータによって駆動される。この駆動軸乃至駆動モータの回転量はパルスコード3によってパルス列の形で出力される。

【0032】符号VSは、画像処理装置20とカメラ30（例えば、CCDカメラ）から構成される視覚センサを表わしており、符号31はカメラ30の視野を表わしている。図中に破線で示したように、画像処理装置20はロボットコントローラRCに内蔵された形態をとっている。

【0033】ロボットコントローラRCは、ロボット制御部10を有している。このロボット制御部10は、内蔵された画像処理装置20からワークWの位置・姿勢を表わすデータを得るとともに、パルスコード3の計数出力値Nを利用して、ロボットRBのトラッキング動作の制御に利用する。

【0034】図4は、ロボットコントローラRCの内部構成の概略を要部ブロック図で示したものである。同図において、ロボットコントローラRCに内蔵された画像処理装置20はマイクロプロセッサからなるCPU（中央演算処理装置）21を有しており、CPU21にはカメラインターフェイス22、フレームメモリ（画像メモリ）23、プログラムメモリ24、画像処理プロセッサ25、データメモリ26、モニタインターフェイス27がバスBS''を介して各々接続されている。

【0035】カメラインターフェイス22にはカメラ30が接続されており、カメラインターフェイス22を介

して撮影指令が送られると、カメラ30に設定された電子シャッター機能（シャッタースピードは、例えば1000分の1秒）により撮影が実行され、カメラインターフェイス22を介して映像信号がグレイスケール信号の形でフレームメモリ23に格納される。モニタインターフェイス27にはモニタCRT40が接続されており、カメラ30が撮影中の画像、フレームメモリ23に格納された過去の画像、画像処理プロセッサ25による処理を受けた画像等が必要に応じて表示される。

【0036】フレームメモリ23に格納されたワークWの映像信号は、プログラムメモリ24に格納された解析プログラムに従って画像処理プロセッサ25を利用して解析され、ワークWの位置が求められる。ここでは、ワークWは図3中に符号a, b, c, dで示したように、4点の特徴点を有しているものとし、これら4点のすべてが検出された場合に、それに基づいてワークの姿勢が計算されるものとする。

【0037】データメモリ26は、視覚センサシステムに関連した各種の設定値を格納する領域と、CPU21が実行する各種処理に必要なデータの一時記憶に利用される領域を含んでいる。そして、CPU21はロボットコントローラRC内部でバスBSを介して次に説明するロボット制御部10のCPU11にバス結合されている。これにより、視覚センサ20全体は実質的にロボット制御部10と一体の機器として構成される。即ち、符号10, 20を含む全体が視覚センサ内蔵型のロボットコントローラRCを構成している。

【0038】ロボット制御部10は、バスBSを介して画像処理装置20のCPU21とバス結合されたCPU11を有している。このCPU11には、システム全体を制御する為のプログラムが格納されたROM12、CPU処理の為のデータの一時記憶に使用されるRAM13、動作プログラム、座標系設定データ、その他各種設定パラメータ等が格納される不揮発性メモリ14、ハンドを含むロボットRBの機構部にサーボ回路16を介して接続された軸制御器15、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)用データメモリ17、デジタルシグナルプロセッサ(以下、「DSP」と言う。)18が、各々バスBS'を介して接続されている。

【0039】DSP18は、これに接続されたパルスコード3の計数出力信号を処理する為のプロセッサで、DSP用データメモリ17はDSP18による諸処理データや設定パラメータを格納するDSP専用のメモリである。DSP18は、CPU11の命令に従って、任意の時点においてパルスコード3の計数出力を検出し、DSP用データメモリ17の所定エリアに書き込む機能を有している。また、画像処理装置20のCPU21からも、CPU11を介してDSP用データメモリ17にアクセス可能となっている。

【0040】以下、このようなシステム構成と機能を前

提に、本発明の方法を実施する為の準備作業及び処理手順について説明する。なお、画像処理装置20のプログラムメモリ24、データメモリ26及びロボット制御部10内の各メモリには、予め必要な処理を実行する為のプログラム及び関連設定データが格納済みであるものとする。

【0041】また、ロボットRBの動作手順は、図1の関連説明で述べたケースと同様とする。即ち、(1)ワークWがトラッキング開始ライン60に到達した時点から、P0を初期位置とするトラッキング動作を開始し、(2)教示位置付近の点Q0でワークWと遭遇し、(3)ワークWがトラッキング終了ライン70(位置Q1)に到達するまでにワークWに対する作業(例えば、シーリング剤の塗布、樹脂材料の流し込みなど)を完了し、(4)コンベア1上から側方に離隔して初期位置P0に復帰する、という動作手順を考える。

【0042】[準備作業]

(1)スケールファクタの決定

従来と同様の下記手順により、コンベア1の走行距離1とパルスコード3の計数出力(インクリメンタル量 ΔN)との関係を表わすスケールファクタ $\alpha = 1 / \Delta N$ を求める。

【0043】1. ロボットRBの動作範囲の位置にワークをセットし、その時のパルスコード3の計数出力N1をロボットコントローラRCに格納する。

2. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置(X1, Y1, Z1)をロボットコントローラRCに記憶させる。

【0044】3. コンベア1を適当な距離だけ走行させ、ロボットRBの動作範囲内の適当な位置にワークを停止させ、その時のパルスコード3の計数出力N2をロボットコントローラRCに格納する。

4. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置(X2, Y2, Z2)をロボットコントローラRCに記憶させる。

5. ロボットコントローラRCに、 $\alpha = (X2 - X1) / (N2 - N1)$ の計算を行わせてスケールファクタ α を求め、ロボットコントローラRCの不揮発性メモリ14と画像処理装置20のデータメモリ26に記憶する。

【0045】(2)センサ座標系 Σ_s の設定

適当な手段により、視覚センサVSにセンサ座標系 Σ_s を設定する。例えば、ベース座標系 Σ_b 上の座標値が判っている位置に公知のキャリブレーション用治具を配置し、画像処理装置20のプログラムメモリ24に格納されたキャリブレーション用のプログラムを起動させ、カメラ30の画素値データをセンサ座標系 Σ_s のデータに換算する為のデータを画像処理装置20のデータメモリ26に格納する。また、その結果を利用して、センサ座標系 Σ_s とベース座標系 Σ_b の関係を表わすデータをロボット制御部10の不揮発性メモリ14に格納する。

【0046】(3) カメラ30の視野31内のコンベア1上にワークWをセットし、その時点におけるパルスコード計数出力値Nvsをロボット制御部10のDSP用データメモリ17と画像処理装置20のデータメモリ26に格納する。また、カメラ30による撮影を実行し、ワークWの画像を基準画像として取り込み、フレームメモリ23に格納する。

【0047】(4) コンベア1を走行させ、ロボットRBにトラッキング動作を開始させるに適した位置(ライン60上)にワークWが到達したら、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N60と先に記憶したNvsとの差(インクリメンタル量) $\Delta N60-vs = N60 - Nvs$ を計算して、DSP用データメモリ17に格納する。

【0048】(5) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRBがワークWに対する作業を開始するに適した位置にワークWをもって来る。そして、その時点のパルスコード計数出力値Ntcと先に記憶したNvsから $\Delta Ntc-vs = Ntc - Nvs$ を計算して、DSP用データメモリ17に格納する。

【0049】(6) ロボットRBに所期の作業(例えば、樹脂材料の注入、シーリング剤の塗布など)の実行に必要な動作を教示する。ここでは、その詳細は省略する。

(7) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRBのトラッキング動作を終了させるに適した位置(ライン70上)にワークWをもって来て、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N70と先に記憶したNvsから $\Delta N70-vs = N70 - Nvs$ を計算し、結果をDSP用データメモリ17に格納する。

【0050】(8) トラッキング座標系の設定
ロボットRBとコンベア1の座標系の共有化を行なう為に、トラッキング座標系 Σ_{tr} を次の条件で設定する。なお、ここではX軸がコンベアの走行方向と一致したベース座標系 Σ_b が設定済みであるものとする。即ち、トラッキング座標系 Σ_{tr} はベース座標系 Σ_b と同姿勢で設定され、トラッキング座標系 Σ_{tr} が移動を開始するまでの原点位置は、

$$X0 = -L0$$

$$Y0 = 0$$

$$Z0 = 0$$

であり、両者の座標値の関係は、

$$x = X - L0$$

$$y = Y$$

$$z = Z$$

で表わされるものとする。但し、L0は教示点Q0の位置とトラッキング開始ライン60までの距離である。そこで、L0の値を確定するために、既に求められたスケールファクタ α 、 $\Delta N60-vs$ 、 $\Delta Ntc-vs$ を用いて、 $L0 = \alpha (\Delta Ntc-vs - \Delta N60-vs)$

を計算し、トラッキング座標系 Σ_{tr} を既述するパラメータとして、ロボット制御部10の不揮発性メモリ14に格納する。

【0051】トラッキング座標系 Σ_{tr} をこのように設定することで、ロボットを初期位置にあるトラッキング座標系 Σ_{tr} 上で動作させた時、教示点Q0の位置をトラッキング開始ライン60上の点Q0'として認識する。

【0052】トラッキング座標系 Σ_{tr} は、トラッキング動作開始指令を受けてコンベア1と等速でx軸方向(=X軸方向)へ移動を開始する。トラッキング座標系 Σ_{tr} の移動量は、後述するように、パルスコード計数出力値Nの変化量とスケールファクタ α に基づいてリアルタイムに決定される。

【0053】(9) その他、後述する処理でアクセスされるレジスタの設定、視野31の長さ、撮影間隔を調節するパラメータ、エラー信号出力の基準値などの設定を行なう(w, f30, e1, e2等)。

【0054】以上で、トラッキング実行の為の準備作業が完了する。次に、図5及び図6のフローチャートを参照して、トラッキングによる本作業実行時のCPU処理について説明する。処理は視覚センサVS側の処理と、ロボット制御部10側の処理に大別され、これらはタスク処理として並行的に実行される。先ず、図5に示した視覚センサVS側の処理の概要を述べる。なお、以下の説明は次の(1)～(3)の前提の下で行なう。

【0055】(1) wは視覚センサVSによる位置検出結果のデータ格納が完了し、且つ、ロボットRBによる作業が行なわれていないワークの数を表わす指標値であり、その初期値は当然w=0である。

(2) 供給されるワークWの姿勢にはばらつきがあり、それを考慮してコンベア1の搬送方向に沿って測ったワークWの最大の長さを、図7に示したように、s0とする。

(3) カメラ30の視野31は、コンベア1のほぼ全幅をカバーしており、ワーク像がコンベア1の幅方向にはみ出ることはないものとする。

【0056】ロボット制御部10と画像処理装置20内で行なわれる処理は、ワーク供給源100がコンベア1上へのワーク供給を開始したことを知らせる適当な外部信号を受けて、同時に開始される。画像処理装置20のCPU21は先ず撮影指令を出力し、カメラ30による撮影を実行し、取得した画像をフレームメモリに格納するとともに(ステップS1)、画像取得時のパルスコード計数出力値N30をDSP用メモリ17とデータメモリ26に格納する(ステップS2)。

【0057】更に、ステップS1で取得した画像をプログラムメモリ24に格納された解析プログラムを用いた解析を行い、先ず最下流のワークの検出を試みる(ステップS3)。最下流のワークの検出に成功(a, b, c, d全点検出)しなかった場合には(ステップS4で

ノー)、ステップS5以下へ進み、次回撮影に備える態勢に入る。即ち、ステップS5では、パルスコード計数出力値Nを短周期で繰り返しチェックし、最新の画像取得時からのコンベア移動量 $\alpha(N-N30)$ が $f30-\epsilon1$ ($\epsilon1 > 0$)を越えるのを待つ(ステップS5)。

【0058】ここで $\epsilon1$ は、相前後して取得される2つの画像間に撮影漏れとなる領域が生じないようにするだけでなく、すべてのワークについていずれかの撮影機会においてa, b, c, dの全点が検出されることを基本的に保証するための調整値である。従って、 $\epsilon1$ は上述したワーク最大長 $s0$ を下回らない条件で、ほぼ最小に定められる。

【0059】例えば、視野長100.0cm、 $s0 = 5.0$ cmとした時、 $\epsilon1 = 5.1$ cm~6.0cmとする。 $\epsilon1$ を必要以上に大きくすることは、二重撮影領域(相前後して撮影される画像に重なって含まれる領域)が大きくなり、効率上好ましくない。特に、 $\epsilon1 > 2s0$ とすると、一つのワークに対して2回の検出が行なわれる可能性も出て来る。

【0060】ステップS5でイエスの判定が出されたならば、コンベア移動量 $\alpha(N-N30)$ が $f30-\epsilon1 + \epsilon2$ を越えていないこと、及び処理終了信号が出力されていないことを確認した上で(ステップS6、S7)、ステップS1へ戻り、次回の撮影/画像取り込み、N30の記憶(ステップS2)、画像処理(ステップS3)を順次実行する。

【0061】ステップS5の判定式に含まれる $\epsilon2$ は、次回撮影にかかろうとする時点で既にコンベア移動量が過大となり、すべてのワークについていずれかの撮影機会においてa, b, c, dの全点が検出されることを基本的に保証するための二重撮影領域を形成出来ない状態に至っていないかどうかを判定するための調整値で、本処理では $0 < \epsilon2 \leq \epsilon1 - s0$ に設定される。但し、 $\epsilon1 = s0$ とした場合には、 $\epsilon2 = 0$ となるので、このステップS6は不要になる。

【0062】このステップS6でイエスの判定が出力されるのは、コンベア速度が画像処理速度に比べて速すぎる場合、画像処理に異常に長い時間が費やされた場合などである。このようなケースは、システムが正常作動していないことを意味すると考えられるので、ステップS8へ進み、エラー信号を出力した上で処理を終了する。また、ステップS7でイエスの判定が出力されるのは、全ワークの撮影終了を表わす外部信号、ロボット側でエラー信号等が出力された場合などである。

【0063】ワークWが次々と視野内31に到達するようになると、ステップS4でイエスの判定が出力されるようになる。その場合には、ステップS9へ進み、位置検出の結果を画像取得時のパルスコード計数出力値N30と対応付けて記憶し(ステップS9)、レジスタ値wの値を1カウントアップする(ステップS10)。なお、

記憶形式については後述する。最下流のワークについての位置検出/記憶が完了したら、同画像中に他のワーク画像が一部でも含まれているか否かを判定する(ステップS12)。

【0064】ステップS12の判断がノーであれば、ステップS5以下へ進み、次回の撮影タイミングを待つ。ステップS5~ステップS8の処理については既に述べた通りである。ステップS12の判断結果がイエスであれば、ステップS9へ戻り、ステップS10~ステップS12の処理を再度実行する。

【0065】以上説明した処理サイクル(ステップS1~S12)を処理終了まで繰り返すことで、システムが異常動作しない限り、すべてのワークについてa, b, c, dの位置を表わすデータが順次取得される。図8は、これらデータの記憶形式を説明する図で、各コラムは左から順に、ライン番号、a, b, c, dの検出位置を基準画像についての値との偏差(ずれ量)で表わしたデータ、その位置検出を行なった画像の取得時のパルスコード計数出力値N30を表わしている。

【0066】ここに記した例では、3個のワークのデータが書き込み済みとなっており($w=3$)、3つのワークについて点a, b, c, dの位置偏差($\Delta xa1, \Delta ya1$), ($\Delta xb1, \Delta yb1$)...($\Delta xc2, \Delta yc2$), ($\Delta xd2, \Delta yd2$)がN30の値とともに書き込まれている。

【0067】画像取得時のパルスコード計数出力値N30の数値はあくまで例示であるが、1行目のN30と2行目のN30が一致しているのは、同一の撮影機会で作られた画像中の2つのワーク画像について点a, bの位置検出がなされたことを意味している。なお、データの書込は、最上のブランク行に対して行なわれる。また、ロボット側でのデータアクセスは最上行(最上流のワークのデータ)から行なわれ、データアクセス完了後に消去されるとともに、他行のデータの格納位置が一行づつくり上がる処理が実行されるものとする。

【0068】次に、ロボット制御部10側で行なわれる処理の概要を説明する。ワーク供給開始を知らせる適当な外部信号を受けて、ロボット制御部10のCPU11は処理を開始し、先ず、教示点Q0の位置データを含む動作プログラムデータを読み込み(ステップR1)、レジスタ値wを短周期で繰り返しチェックする態勢に入る(ステップR2)。上述した撮影とそれに続く画像処理装置20側の処理によって、ワークWの位置が検出されると、その結果が図8に示した形式で記憶されるとともにレジスタ値wが0でない値となる。

【0069】これによりステップR2で $w \neq 0$ が検出されると、直ちに、ワーク1個分のデータが読み込まれる(ステップR3)。図8の例で言えば、第1行目のデータ[$\Delta xa1, \Delta ya1, \Delta xb1, \Delta yb1, \Delta xc1, \Delta yc1, \Delta xd1, \Delta yd1, 4565$]が読み込まれる。読み込み

が完了したら、図8に示したデータから第1行目のデータを消去し、データ更新を行なう(ステップR4)。データ更新は、第1行目のデータの消去後に第2行目以下のデータの書込行を第1行ずつ繰り上げることで達成される。図8に示した例では、次の手順で更新が行なわれる。

- 【0070】1. 第1行目のデータを消去する。
2. 第2行目のデータを第1行目にコピーする。
3. 第2行目のデータを消去する。
4. 第3行目のデータを第2行目にコピーする。
5. 第3行目のデータを消去する。

【0071】次いで、パルスコード計数出力値Nが、 $N = \Delta N60 - vs + N30$ (上記例では $N30 = 4565$) に到達するのを待つ態勢に入る(ステップR5)。 $N = \Delta N60 - vs + N30$ というパルスコード計数出力値は、ワークがトラッキング開始ライン60の位置に到達したことの目安となるものである。もし、そのワークの撮影位置が基準画像を得た時のワーク位置と一致していれば、この値はそのワークがトラッキング開始ライン60の位置に到達したことを正確に表わす筈である。

【0072】ステップR5でイエスの判断出力が得られたならば、直ちにトラッキング座標系 Σ_{tr} 上でロボットRBの移動を開始させるとともに、トラッキング座標系 Σ_{tr} の移動を開始させる(ステップR6)。トラッキング座標系 Σ_{tr} の移動は、トラッキング Σ_{tr} の原点位置 $[X0, Y0, Z0]$ を次式で表わされたものとするこ

$$X0 = -L0 + \alpha \{N - (\Delta N60 - vs + N30)\}$$

$$Y0 = 0$$

$$Z0 = 0$$

トラッキング座標系 Σ_{tr} が移動中の座標値の変換式は、

$$x = X - L0 + \alpha \{N - (\Delta N60 - vs + N30)\}$$

$$y = Y$$

$$z = Z$$

となる。

【0073】これにより、ロボットRBのトラッキング動作が開始される。即ち、ロボットRBは、トラッキング座標系 Σ_{tr} 上で教示点を目指して移動を開始する。但し、補間動作で作成される補間点の位置は、ステップR3で読み込んだデータ(基準位置とのずれ量)に基づいて補正される。

【0074】移動開始時点における教示点位置は、トラッキング座標系 Σ_{tr} の初期位置の設定法から考えて、図3中に符号Q0'で示したように、トラッキング開始ライン60上にある。そして、トラッキング座標系 Σ_{tr} 移動開始後には、この点Q0'をコンベア1の走行と同期移動させた点(より正確に言えば、それを視覚センサのデータで補正した位置)を目指すようにロボットRBの移動が行なわれる。

【0075】トラッキング範囲内でロボットRBが余裕

を以てワークWに追いついたことが確認されると(ステップR7→ステップR8)、教示済みの作業がトラッキング座標系 Σ_{tr} 上で実行される(ステップR9)。ここで、ステップR7における $N = \Delta N70 - vs + N30 - \delta$ ($\delta > 0$)の含まれる δ は、ロボットRBがトラッキング範囲内で所定の作業を完了するために必要とされる余裕を表わす調整量で予め適当な値が設定される。

【0076】パルスコード計数出力値Nが $N = \Delta N70 - vs + N30$ に到達したならば(ステップR10)、ロボットRBのトラッキング座標系 Σ_{tr} 上での動作を終了させ、ロボットを初期位置P0へ戻す(ステップR11)。

【0077】以上で、一つのワークに対する動作サイクルを終了し、ステップR2へ戻り、次の検出ワークに対する処理を開始する。ステップR2以下の処理は、上述した通りであるから省略する。

【0078】ステップR8でノーの判断が出された場合には、トラッキング範囲内での作業完了が困難な状態とみなし、エラー信号を出力し(ステップR12)、処理を終了する。このエラー信号は、画像処理装置側で検知(図5のフローチャート;ステップS7を参照)され、画像処理装置側の処理も終了される。このような事態が生ずるのは、ワーク供給間隔Dが短すぎるなどの理由で、ロボットがワークにトラッキング範囲内で余裕を以て追いつけない場合である。

【0079】なお、ワーク供給間隔Dが短い場合には、例えばロボットを2台以上配置し、交替的にトラッキング動作させるようにすれば、このような事態を避けることが出来る。

【0080】以上、本発明をトラッキング用の画像取得と処理に適用した例について説明したが、搬送手段上で移動する対象他の事例への適用が可能であることは言うまでもない。例えば、ワークの検査工程に適用する場合であれば、画像処理を寸法、形などを検査するプログラムに従って行なうようにすれば良い。そして、不良ワークの検出時にのみその不良ワークの位置データを記憶し、これをロボット側で読み出してトラッキング動作を行なわせるようにすれば、上記説明したシステムを不良ワークの検査/除去工程に適用することも出来る。

【0081】

【発明の効果】本発明によれば、搬送手段によって連続的に搬送されて来る対象物について、より簡素なシステムを用いて無駄なく画像の取得と処理を行なうことが可能になる。また、そのことを通して、搬送手段によって連続的に搬送されて来る対象物に対するトラッキング動作を行なうロボットを用いたシステムや、視覚センサを用いた検査を行なうシステムを簡素化することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】ロボットにトラッキング動作を行なわせる際に

用いられる従来の配置について説明する図である。

【図2】従来の画像取得／処理方式が不効率であることを説明する図で、(1)，(2)は、相前後して取得される画像の例を表わしている。

【図3】本発明をロボットのトラッキング動作のために適用する際の全体配置の1例を、図1と類似した形式で示したものである。

【図4】図3の配置に対応したシステム構成の一例を要部ブロック図で示したものである。

【図5】本発明の一つの実施形態において、画像処理装置側で行なわれる処理内容の概略を記したフローチャートである。

【図6】本発明の一つの実施形態において、ロボット制御部側で行なわれる処理内容の概略を記したフローチャートである。

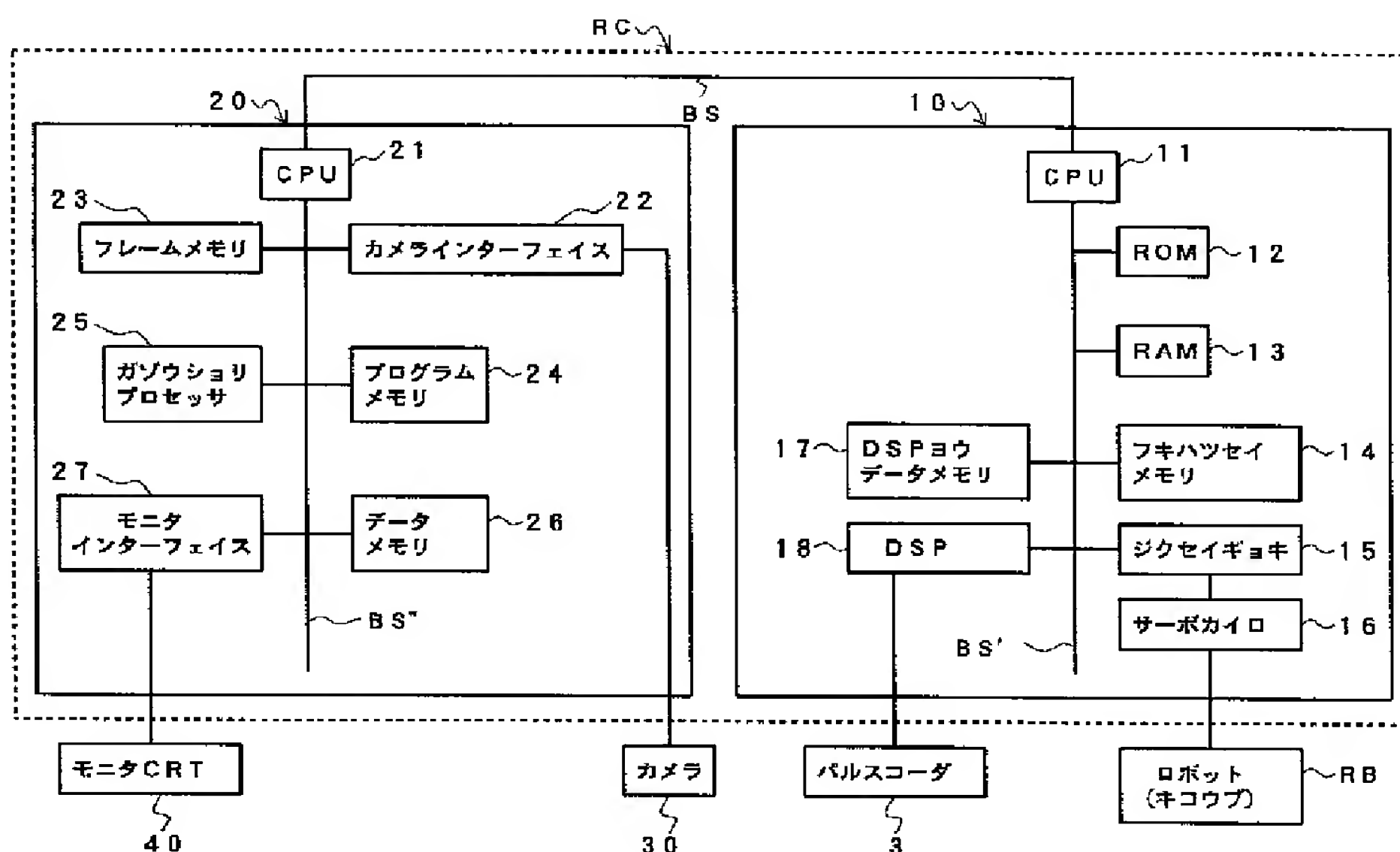
【図7】供給ワークWの最大長 s_0 について説明する図である。

【図8】ワークの位置検出データの記憶形式を説明する図である。

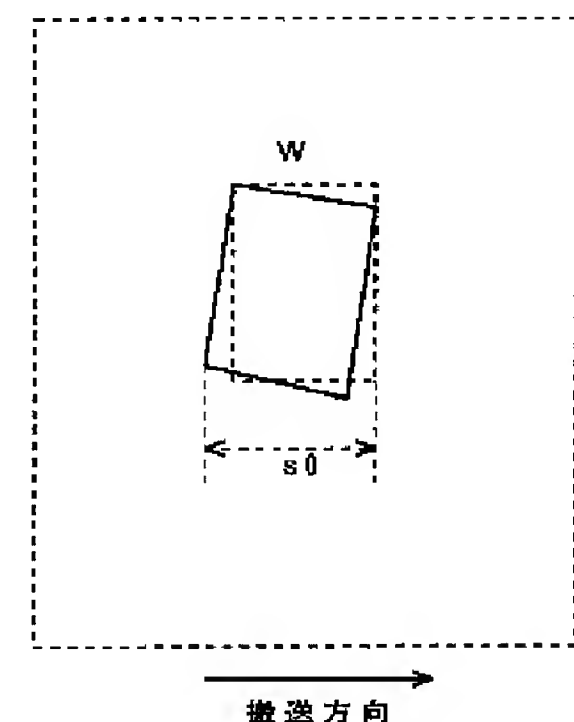
【符号の説明】

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1 コンベア | 16 サーボ回路 |
| 2 コンベア駆動部 | 17 デジタルシグナルプロセッサ(DSP)用データメモリ |
| 3 パルスコード | 18 デジタルシグナルプロセッサ(DSP) |
| 4 センサ | 19 センサインターフェイス |
| 10 ロボット制御部 | 20 画像処理装置 |
| 11 CPU(ロボットコントローラ) | 21 CPU(画像処理装置) |
| 12 ROM | 22 カメラインターフェイス |
| 13 RAM | 23 フレームメモリ |
| 14 不揮発性メモリ | 24 プログラムメモリ |
| 15 軸制御器 | 25 画像処理プロセッサ |
| | 26 データメモリ |
| | 27 モニタインターフェイス |
| | 30 カメラ |
| | 31 視野 |
| | 40 モニタCRT |
| | 50 検出位置ライン |
| | 60 トラッキング開始ライン |
| | 70 トラッキング終了ライン |
| | 80 直線軌道 |
| | 90 曲線軌道 |
| | 100 ワーク供給源 |
| | BS, BS', BS" バス |
| | P0 ロボット初期位置 |
| | RB ロボット |
| | RC ロボットコントローラ |
| | VS 視覚センサ |
| | W, W', W" ワークまたはワーク画像 |
| | a, b, c, d ワークの特徴点 |

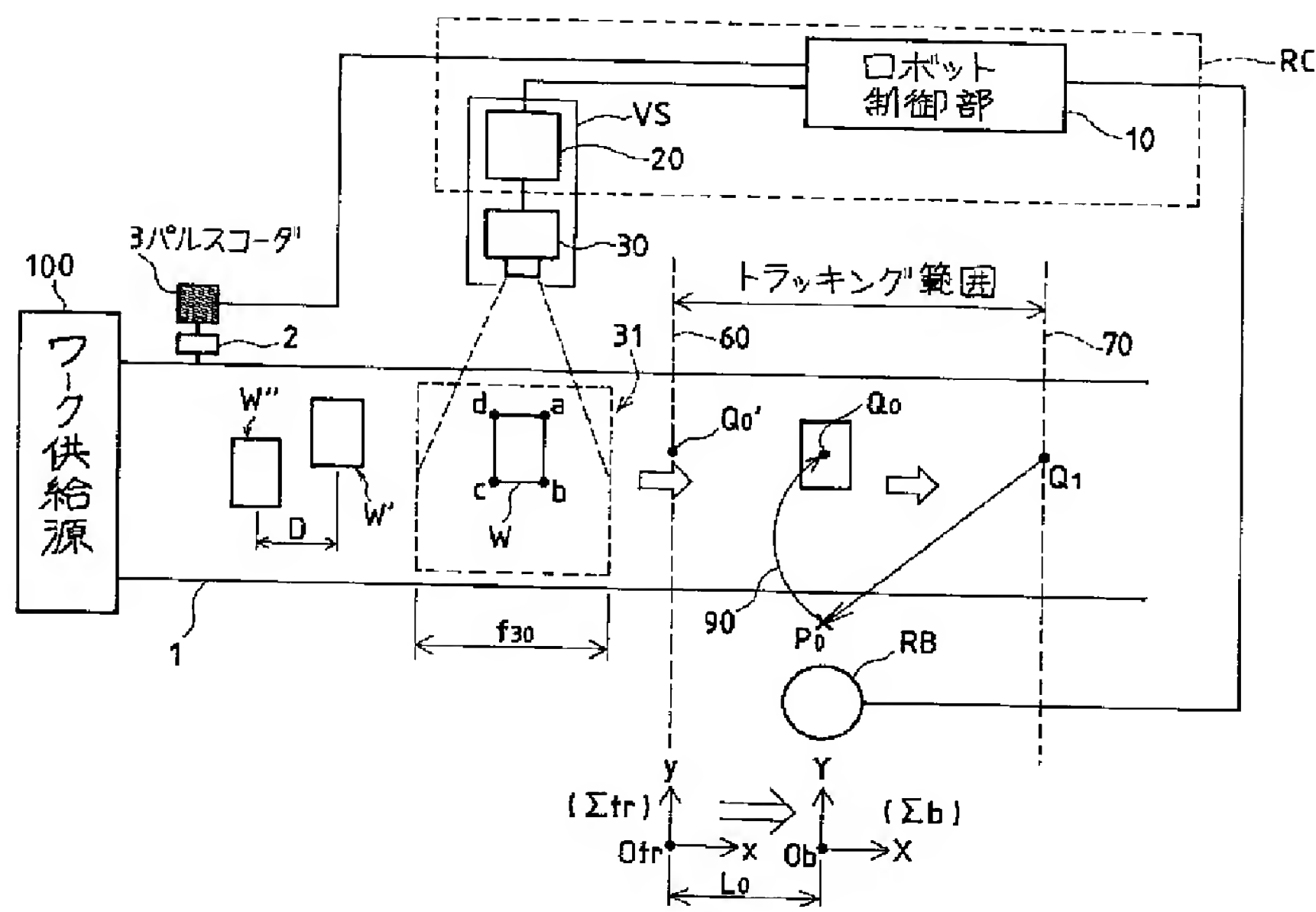
【図4】



【図7】



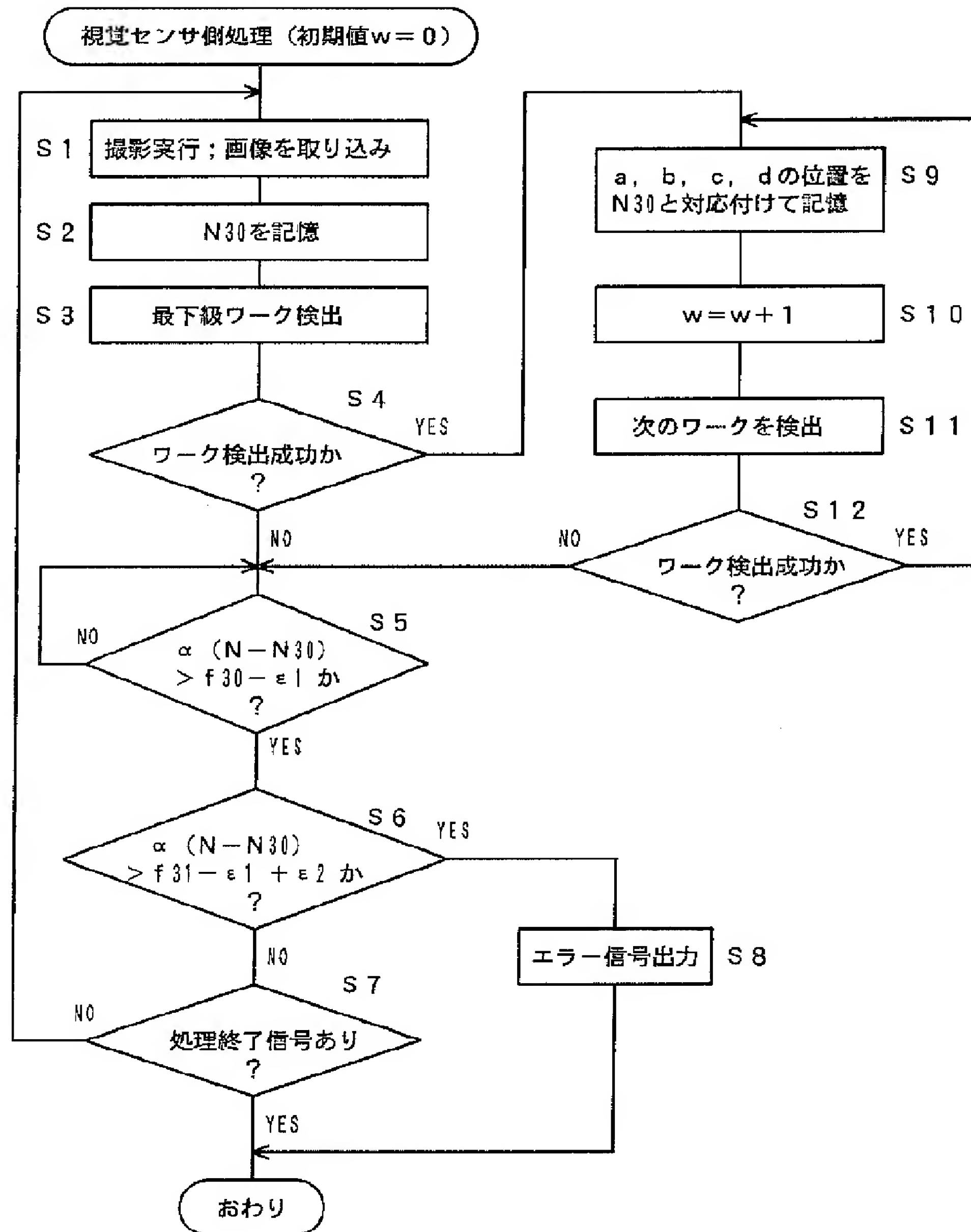
【図3】



【図8】

| NO | a | b | c | d | N30 |
|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| 1 | $\Delta x_{a1}, \Delta y_{a1}$ | $\Delta x_{b1}, \Delta y_{b1}$ | $\Delta x_{c1}, \Delta y_{c1}$ | $\Delta x_{d1}, \Delta y_{d1}$ | 4565 |
| 2 | $\Delta x_{a2}, \Delta y_{a2}$ | $\Delta x_{b2}, \Delta y_{b2}$ | $\Delta x_{c2}, \Delta y_{c2}$ | $\Delta x_{d2}, \Delta y_{d2}$ | 4565 |
| 3 | $\Delta x_{a3}, \Delta y_{a3}$ | $\Delta x_{b3}, \Delta y_{b3}$ | $\Delta x_{c3}, \Delta y_{c3}$ | $\Delta x_{d3}, \Delta y_{d3}$ | 7750 |
| 4 | | | | | |

【図5】



【図6】

